

光捕捉された金ナノ粒子のホログラフィック 3 次元動き検出 Holographic three-dimensional motion detection of an optically trapped sub-100 nm gold nanoparticle

宇都宮大学オプティクス教育研究センター 佐藤聡, 柳川巧, 後藤和史, [○]早崎芳夫

Center for Optical Research and Education, Utsunomiya University

Akira Sato, Takumi Yanagawa, Kazufumi, [○]Yoshio Hayasaki

E-mail: hayasakit@opt.utsunomiya-u.ac.jp

金ナノ粒子は局在表面プラズモン共鳴を起こし、表面における電場は入射波に比べて著しく大きくなる特徴を持つ。また、金ナノ粒子の散乱光スペクトルは粒子近傍の屈折率に対して変化する。これらの性質を利用して、バイオセンサーや物体の表面計測に活用されている。光ピンセットは、数 10 ナノメートル以下の直径を有する金ナノ粒子を捕捉し、所望の場所に置くことができる。その際、精密な位置決めや計測対象の構造情報を知るために、捕捉された金ナノ粒子の位置計測が必要とされる。我々は、光ピンセットにデジタルホログラフィック顕微鏡を組み合わせることによって、水中で光捕捉された 200nm ポリスチレン粒子の 3 次元位置計測を実証した[1, 2]。本報告では、光捕捉された金ナノ粒子の 3 次元動的動きを検出と、ガラス境界面付近でのナノ粒子の挙動を示す。

光ピンセットは、光源を波長 1070nm のイットリビウムファイバーレーザーからのビームを、開口数 1.25 の対物レンズで、金ナノ粒子分散溶液内に集光し、金ナノ粒子を捕捉した。デジタルホログラフィック顕微鏡は中心波長 528nm の LED を光源として用いた。CCD イメージセンサーで撮像されたインラインホログラムは、計算機内で角スペクトル法を用いて光伝播計算された。全ての回折像に対してあらかじめ用意したテンプレート画像との画素値の差の 2 乗和(SSD: sum of square difference)が最小となる位置を求めるテンプレートマッチングを行った。最後に、最小の SSD 値を与える 3 次元位置の近傍で、3 次元方向のそれぞれに対してサブピクセル推定[2]を行い、金ナノ粒子の位置を決定した。

Fig. 1 は、光捕捉された金ナノ粒子の 3 次元位置の時間変化を示す。現システムの計測範囲は、捕捉された点を原点とした時、-400nm から 800nm である。その下限はデジタルホログラフィック顕微鏡のフォーカス面、上限は回折に伴う光強度の減少による干渉縞のビジビリティの低下によって決まる。光強度が 46.6MW の時、検出値の標準偏差は、横方向で 6.1 nm, 縦方向で 7.1nm であった。

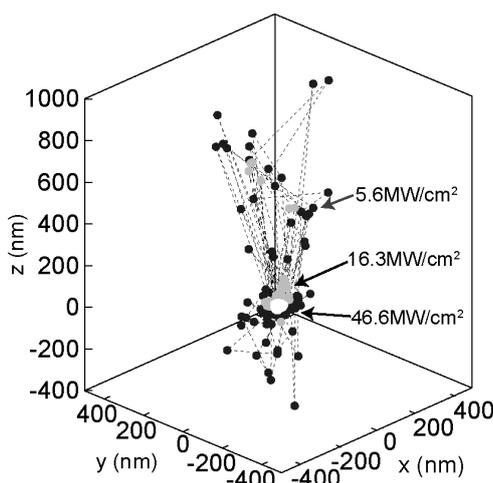


Fig. 1 Three-dimensional display of the gold nanoparticle motion.

- [1] T. Higuchi, Q. D. Pham, S. Hasegawa, and Y. Hayasaki, "Three-dimensional positioning of optically trapped nanoparticles," *Appl. Opt.* **50**, H183-H188 (2011).
- [2] A. Sato, Q. D. Pham, S. Hasegawa, and Y. Hayasaki, "Three-dimensional sub-pixel estimation in holographic position measurement of an optically-trapped nanoparticle," *Appl. Opt.* **52**, A216-A222 (2013).